

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 03-087727

(43) Date of publication of application : 12. 04. 1991

(51) Int. Cl.

G02F 1/35

G02B 6/16

H01S 3/06

H01S 3/17

H04B 10/00

(21) Application number : 01-223172

(71) Applicant : FUJITSU LTD

(22) Date of filing : 31. 08. 1989

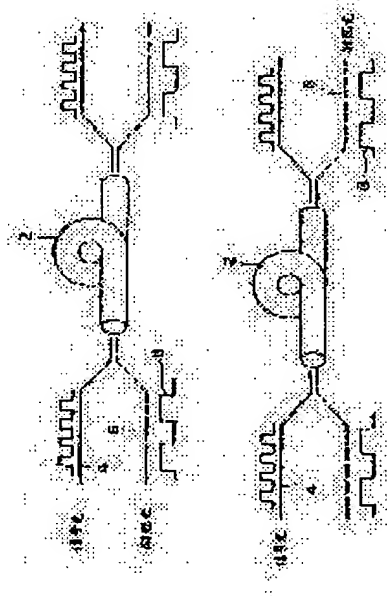
(72) Inventor : SUYAMA MASUO

(54) OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM EQUIPPED WITH OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57) Abstract:

PURPOSE: To enable information transmission by exciting light in addition to information transmission by signal light by modulating the exciting light with a modulating signal whose frequency is high enough to have a shorter period when the fluorescent light life in an excitation state.

CONSTITUTION: The exciting light 6 is modulated with the modulating signal whose frequency is high enough to have the shorter period than the fluorescent light life in the excitation state. Namely, when the signal light and exciting light are propagated in a rare earth doped fiber in the same direction, the exciting light is used as a carrier to transmit the monitor signal of an optical repeater. When the signal light and exciting light are propagated in the rare earth doped fiber in mutually reverse directions, on the other hand, duplex transmission, i.e. the information transmission by the signal light and the information transmission using the exciting light as the carrier become possible. Thus, the information transmission by the exciting light becomes possible in addition to the information transmission by the signal light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application]

other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A)

平3-87727

⑬ Int. Cl.⁵

G 02 F 1/35
G 02 B 6/16
H 01 S 3/06
3/17
H 04 B 10/00

識別記号

5 0 1

庁内整理番号

7348-2H
7036-2H
7630-5F
7630-5F

⑭ 公開 平成3年(1991)4月12日

8523-5K H 04 B 9/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑮ 発明の名称 光ファイバ増幅器を備えた光通信方式

⑯ 特 願 平1-223172

⑰ 出 願 平1(1989)8月31日

⑱ 発 明 者 寿 山 益 夫 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 松 本 昂

明 細 書

1. 発明の名称

光ファイバ増幅器を備えた光通信方式

2. 特許請求の範囲

(1) 希土類元素をドープした希土類ドープファイバ(2)に信号光(4)を励起光(6)と共に伝搬させて上記信号光(4)の増幅を行うようにした光ファイバ増幅器を備えた光通信方式において、

励起状態の蛍光寿命よりも短い周期を有する程度の高周波の変調信号(8)により上記励起光(6)を変調して、信号光(4)による情報伝送の他に励起光(6)をキャリアとした情報伝送を可能にしたことを特徴とする光ファイバ増幅器を備えた光通信方式。

(2) 信号光(4)及び励起光(6)は上記希土類ドープファイバ(2)を同方向に伝搬するようにされ、

上記励起光(6)をキャリアとした情報伝送は光中継器の監視信号の伝送であることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ増幅器を備えた光通信

方式。

(3) 信号光(4)及び励起光(6)は上記希土類ドープファイバ(2)を互いに逆方向に伝搬するようにされ、

上記信号光(4)による情報伝送と上記励起光(6)をキャリアとした情報伝送とにより双方向伝送がなされることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ増幅器を備えた光通信方式。

3. 発明の詳細な説明

概 要

光ファイバ増幅器を備えた光通信方式に関し、信号光による情報伝送の他に励起光による情報伝送が可能な方式の提供を目的とし、

希土類元素をドープした希土類ドープファイバに信号光を励起光と共に伝搬させて上記信号光の増幅を行うようにした光ファイバ増幅器を備えた光通信方式において、励起状態の蛍光寿命よりも短い周期を有する程度の高周波の変調信号により上記励起光を変調して、信号光による情報伝送の

他に励起光をキャリアとした情報伝送を可能にし、構成する。

産業上の利用分野

本発明は光ファイバ増幅器を備えた光通信方式に関し、さらに詳しくは、希土類元素をドープした希土類ドープファイバを用いてなる光ファイバ増幅器を備えた光通信方式に関する。

光信号を電気回路によらず直接増幅する光増幅器は、ビットレートフリーであり大容量化が容易であるという点及び多チャンネルの一括増幅が可能であるという点から、今後の光通信システムのキーデバイスとして各研究機関で盛んに研究されている。この種の光増幅器を備えた光通信方式としては、光増幅器を光パワーブースタとして用い、分枝・挿入損の補償や送信パワーの増加を図ったもの、光増幅器を光プリアンプとして用い、受信感度の改善を図ったもの、光増幅器を光中継器として用い、中継器の小型化や高信頼化を図ったものなどが提案されており、その方式上の最適化が

iron. Lett., Vol. 25, No. 5, pp. 309-311 (2nd March 1989). に開示されているものが知られているが、この方式は半導体レーザ型の光増幅器の注入電流を検出するようにしたものなので、そのまま光ファイバ増幅器を備えた光通信方式に適用することはできない。即ち、光ファイバ増幅器に適した監視制御方式についての従来技術は見当たらない。

発明が解決しようとする課題

光ファイバ増幅器を備えた光通信方式においては、光増幅を行うために励起光を用いているので、もし、信号光による情報伝送の他に励起光による情報伝送が可能になるとすれば、光ファイバ増幅器を光中継器として備えている光通信方式において監視制御が可能になる。また、希土類ドープファイバに導入される励起光が信号光と同方向のときだけでなく逆方向のときにも光増幅がなされることから、励起光による情報伝送が可能になるとすれば、これを用いて双方向伝送が可能になる。

従来の技術

従来から研究の対象とされている光増幅器を大別すると、①希土類元素(Er, Nd, Yb等)をドープした光ファイバ(本願明細書中「希土類ドープファイバ」と称し、この語句は希土類元素をドープした導波路等の導波構造を含めた広範囲なものとして使用する。)を用いたもの、②半導体レーザ型のもの、③光ファイバ中の非線形効果を利用したものになる。このうち、①の希土類ドープファイバを用いた光増幅器は、偏波依存性がないこと、低雑音であること、伝送路との結合損失が小さいことといった優れた特徴を有している。

ところで、光増幅器を光中継器として用いる場合、その監視制御機能が不可欠である。従来、②の半導体レーザ型の光増幅器に適用することができ監視制御方式としては、例えば、Ellis, A. D. et al.: Supervisory system for cascaded semiconductor laser amplifier repeaters, Elec-

本発明はこのような点に鑑みて創作されたもので、信号光による情報伝送の他に励起光による情報伝送が可能な、光ファイバ増幅器を備えた光通信方式の提供を目的としている。

課題を解決するための手段及び作用

第2図に希土類ドープファイバによる光増幅の原理を示す。2はコア2a及びクラッド2bから構成された希土類ドープファイバであり、コア2a中にエルビウム(Er)等の希土類元素がドープされている。このような希土類ドープファイバ2に励起光(ポンピング光)が入射すると、希土類原子が高いエネルギー準位に励起される。高いエネルギー準位に励起された光ファイバ2中の希土類原子に信号光が入ってくると、光の誘導放出が生じ希土類原子が低いエネルギー準位に遷移するが、このとき信号光のパワーが光ファイバに沿って次第に大きくなり信号光の増幅が行われる。ドープされた希土類元素がエルビウム(Er)である場合において、波長が1.55μm帯の信号

光を増幅するときには、例えば波長が $1.4\mu\text{m}$ 帯のレーザ光を励起光として用いることができる。また、ドープされた希土類元素がネオジウム(Nd)である場合において、波長が $1.3\mu\text{m}$ 帯の信号光を増幅するときには、波長が $0.8\mu\text{m}$ 帯のレーザ光を励起光として用いることができる。以下の記述では、ドープされた希土類元素がエルビウムであるとして本発明を説明する。

波長 λ_s の信号光に対して所定の波長関係を有する波長 λ_p の励起光を希土類ドープファイバに入射させると、この希土類ドープファイバには、そのスペクトルが第3図においてFで示されるような蛍光が信号光のスペクトルの近傍に生じる。この蛍光の強度の変化は励起光の強度の変化と時間的に完全に一致することではなく、第4図に示すように、例えば、時刻 t_0 において励起光の入射を中止したとすると、蛍光の強度は瞬間的に0にはならず、適当な時定数をもって徐々に減少していく。いま、蛍光の強度 a が励起光の入射を中止する以前の強度 b の $1/e$ (e は自然対数の底)

にまで減少するのに要する時間 τ をもって蛍光寿命と定義すると、時刻 t_0 から蛍光寿命 τ が経過する程度の範囲内では、励起光の入射を中止しているにも関わらず、信号光に対する不安定な利得変動を伴うことなしに増幅作用が継続することが知られている(Laming, R.I. et al.: *Multi-channel crosstalk and pump noise characterisation of Er³⁺-doped fibre amplifier pumped at 980 nm*, *Electron. Lett.*, Vol.25, No.7, pp.455-456 (30th March 1989).)。

従って、励起状態の蛍光寿命よりも短い周期を有する程度の高周波の変調信号により励起光を変調した場合には、この変調の影響は増幅された信号光には現れないことになる。

第1図は本発明の原理説明図であり、同図(a)は信号光及び励起光が希土類ドープファイバを同方向に伝搬する場合、同図(b)は信号光及び励起光が希土類ドープファイバを互いに逆方向に伝搬する場合を示している。

本発明方式は、希土類元素をドープした希土類

ドープファイバ2に信号光4を励起光6と共に伝搬させて上記信号光4の増幅を行うようにした光ファイバ増幅器を備えた光通信方式において、励起状態の蛍光寿命よりも短い周期を有する程度の高周波の変調信号8により上記励起光6を変調して、信号光4による情報伝送の他に励起光6をキャリアとした情報伝送を可能にしたものである。

尚、ここで希土類元素をドープした希土類ドープファイバというのは、前述したように、希土類元素をドープした導波路等の導波構造を含む広い概念を意味し、従って、希土類元素をドープした希土類ドープファイバに信号光を励起光とともに伝搬させて上記信号光の増幅を行うようにした光ファイバ増幅器というのは、光の伝搬媒体として光ファイバを用いている光増幅器だけでなく、光の伝搬媒体として光導波路等の導波構造を用いている光増幅器を含む。

第1図(a)に示したように、信号光及び励起光が希土類ドープファイバを同方向に伝搬するようにされている場合には、励起光をキャリアとした光

中継器の監視信号の伝送を行うことができる。

一方、第1図(b)に示すように、信号光及び励起光が希土類ドープファイバを互いに逆方向に伝搬するようにされている場合には、信号光による情報伝送と励起光をキャリアとした情報伝送とにより双方向伝送が可能になる。

実 施 例

以下本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第5図は本発明を適用した光中継装置の説明図である。同図には、上りの光伝送路12と下りの光伝送路14とからなる往復光伝送路の途中に単一又は複数(図では3つ)の光中継装置16を備えたシステムが図示されている。光中継装置16は、上りの光伝送路12に接続された上り中継器18と下りの光伝送路14に接続された下り中継器20を備え、これら上り中継器18と下り中継器20は一般的な中継機能の他に光中継装置の監視制御機能を司る監視情報のやりとりを行う。上り及び下り中継器18、20間における監視情報

のやりとりは電気信号によりなされるが、光伝送路12、14における監視情報の伝送は、光中継装置16に含まれる希土類ドープファイバの励起光によりなされる。

第6図に上り中継器18のブロック図を示す。下り中継器20は上り中継器18と同一のブロック構成である。第6図において、上りの光伝送路12を伝搬している信号光の波長は例えば1.536 μm 或いは1.552 μm であり、励起光の波長は例えば1.49 μm である。光増幅に寄与しなかった励起光は上り中継器に到達することになる。信号光及び励起光は光カプラ20で例えば1:100に分配され、少ない方の分配光が入力信号レベル検出器22に入力して信号光のレベルが検出される。多い方の分配光は光ファイバ増幅器24に入力する。

光ファイバ増幅器24は合分波器26とエルビウムをコアにドープした希土類ドープファイバ28とを備えて構成される。合分波器26は、光カプラ20からの信号光と励起光を合分波して、信

号光を希土類ドープファイバ28に導き励起光を受信機32に導くとともに、励起光源30からの励起光を希土類ドープファイバ28に導く。合分波器26は合波器及び分波器から構成されているも良い。

光ファイバ増幅器24により増幅された信号光と増幅により消費されなかった励起光は、光アイソレータ34を介して光カプラ36に入力する。光アイソレータ34を備えているのは、希土類ドープファイバ28を含む光経路に共振器構造が形成されて希土類ドープファイバ28の利得に基づく発振が生じることを防止するためである。光カプラ36は入力した信号光及び励起光を例えば1:100に分配し、多い方の分配光は再び上りの光伝送路12に導き入れられ、少ない方の分配光は出力信号レベル検出器38に入力する。出力信号レベル検出器38は、内蔵する光フィルタにより励起光を取り除き、増幅された信号光のレベルを検出する。

励起光源30はこの実施例では半導体レーザか

らなり、そこから出力する励起光のパワー又はその平均値は、出力信号レベル検出器38からの信号に基づいたAPC回路40の動作によって、上記出力信号レベルが一定となるように制御される。この制御により、この上り中継器に入力した信号光のレベルに関わらず常に一定レベルの信号光をこの上り中継器が出力することができるようになる。

入力信号レベル検出器22からの入力信号レベル、出力信号レベル検出器38からの出力信号レベル並びに励起光源30における励起電流(半導体レーザのバイアス電流)及び励起光出力は、上りの監視情報として下り中継器20に送られ、ここでの励起光を変調することにより下りの光伝送路14に送出される(第5図も参照)。

一方、下りの監視情報は、信号処理回路44を介して上り中継器18に取り込まれ、励起光源30からの励起光を下りの監視情報に基づいて変調することによって、下りの監視情報は上りの光伝送路12を介して伝送される。以下、この動作を

説明する。この上り中継器18に対する監視情報の送出命令を受信機32が受けると、これを解読してコントローラ46に通知する。この解読は、受信機32が受けたアドレス情報が予め記憶されているアドレス情報と一致するか否かを一致検出回路42により検出することにより行うことができる。コントローラ46は、監視情報の送出命令を受けて、信号処理回路44からの下りの監視情報に基づいて変調回路48を制御し、これにより励起光源30からの励起光が例えば強度変調される。このときの変調速度は希土類ドープファイバ28の蛍光寿命の逆数よりも充分大きくしておけば、励起光源30からの励起光を変調したとしても、増幅されて上り中継器18から送出される信号光にこの変調成分は殆ど現れない。よって、信号光の直接光増幅による情報伝送の他に、励起光をキャリア(搬送波)とした監視情報についての情報伝送が可能である。尚、一致検出回路42におけるアドレス情報の一致がなく、下りの監視情報を上りの光伝送路12に送出する必要がない場

合には、受信機32が受信した励起光による伝送情報をコントローラ46により再生増幅して励起光源30を変調するようにしておく。

第7図は本発明を適用して構成される双方向伝送システムのブロック図である。このシステムは、第1端局50と第2端局52との間を1本の光ファイバ54で接続して双方向伝送を可能にしたものである。第1端局50は、1.55 μ m帯の信号光を送信する送信部56と、1.49 μ m帯の変調された励起光を受信する受信部60と、分波器58とを備えて構成されている。第2端局52は、プリアンプ62と、1.55 μ m帯の信号光を受信する受信部64と、1.49 μ m帯の励起光を変調して送出する送信部66とを備えて構成されている。送信部66は励起光源68と励起光源68の半導体レーザを強度変調する変調回路70とを備えている。プリアンプ62は、光ファイバ54に接続された希土類ドープファイバ72と、変調された励起光を希土類ファイバ72に送り込むとともに希土類ドープファイバ72により増幅

された信号光を受信部64に送り込む合分波器74とを備えている。

第1端局50の送信部56からの信号光は、分波器58を介して光ファイバ54に送出され、第2端局52のプリアンプ62により増幅されて受信部64により受信される。この場合、プリアンプ62(光ファイバ増幅器)の作用によって信号光が増幅されるので、受信感度が増大する。一方、第2端局52の送信部66から送出された変調された励起光は、その変調の影響を与えずに第1端局50からの信号光の増幅に寄与した後、光ファイバ54を介して第1端局50に伝送され、分波器58を介して受信部60に送り込まれ、伝送情報が再生される。

このように、信号光及び励起光が希土類ドープファイバ72を互いに逆方向に伝搬するようにしているので、信号光による情報伝送と励起光をキャリアとした情報伝送とにより双方向伝送が達成される。

第2端局52の送信部66における励起光源6

8の変調は、第5図及び第6図により説明した実施例と同様に、希土類ドープファイバの励起状態の蛍光寿命よりも短い周期を有する程度の高周波の変調信号によりなされている。

希土類ドープファイバが希土類元素としてエルビウムをドープした希土類ドープファイバである場合には、励起状態の蛍光寿命は例えば約14msであり、実用上十分な伝送容量を得ることができる。

発明の効果

以上説明したように、本発明では、励起状態の蛍光寿命よりも短い周期を有する程度の高周波の変調信号により励起光を変調するようにしているので、励起光による信号光の増幅に悪影響を与えることなしに、信号光による情報伝送の他に励起光による情報伝送が可能になるという効果を奏する。その結果、信号光及び励起光が希土類ドープファイバを同方向に伝搬するようにされている場合には、励起光をキャリアとして光中継器の監視

信号を容易に伝送することができるようになり、また、信号光及び励起光が希土類ドープファイバを互いに逆方向に伝搬するようにされている場合には、信号光による情報伝送と励起光による情報伝送とにより双方向伝送が可能になる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理説明図、

第2図は希土類ドープファイバによる光増幅の原理を示す模式図、

第3図は蛍光の説明図、

第4図は蛍光寿命の説明図、

第5図は本発明の実施例における光中継装置の説明図、

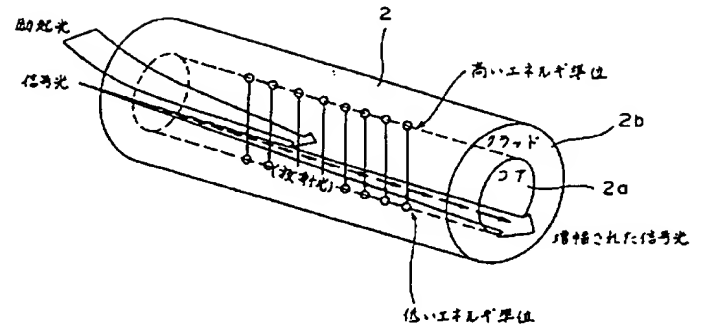
第6図は本発明の実施例における上り中継器のブロック図、

第7図は本発明の実施例における双方向伝送システムのブロック図である。

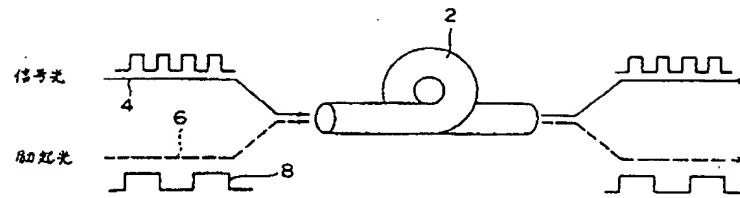
2. 28. 72…希土類ドープファイバ、

- 4 … 信号光、
- 6 … 励起光、
- 8 … 変調信号、
- 16 … 光中継装置、
- 18 … 上り中継器、
- 20 … 下り中継器。

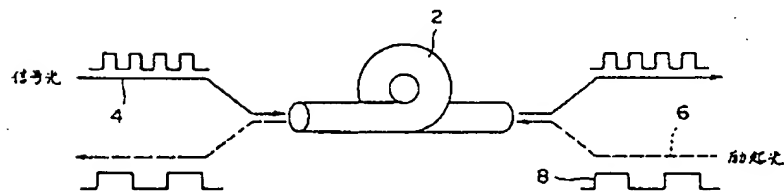
出願人： 富士通株式会社
代理人： 弁理士 松本 昂



希土類ドープファイバによる光増幅の原理を示す模式図
第 2 図



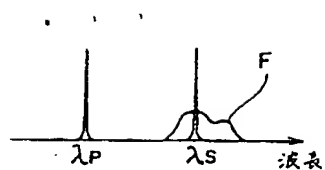
(a) 信号光と励起光が同方向の場合



(b) 信号光と励起光が逆方向の場合

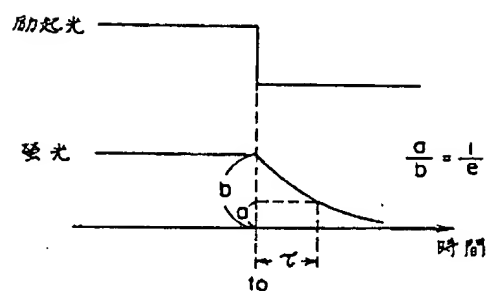
- 2 : 希土類ドープファイバ
- 8 : 変調信号

本発明の原理説明図
第 1 図



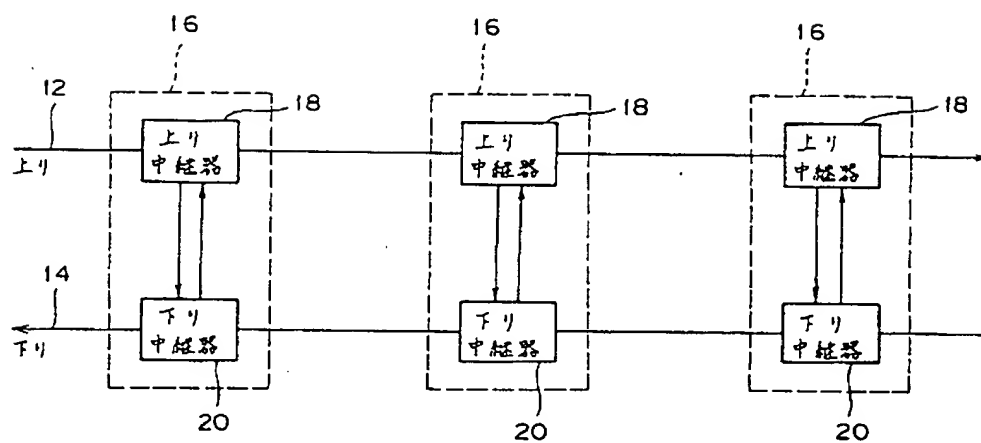
蛍光の説明図

第 3 図



蛍光寿命の説明図

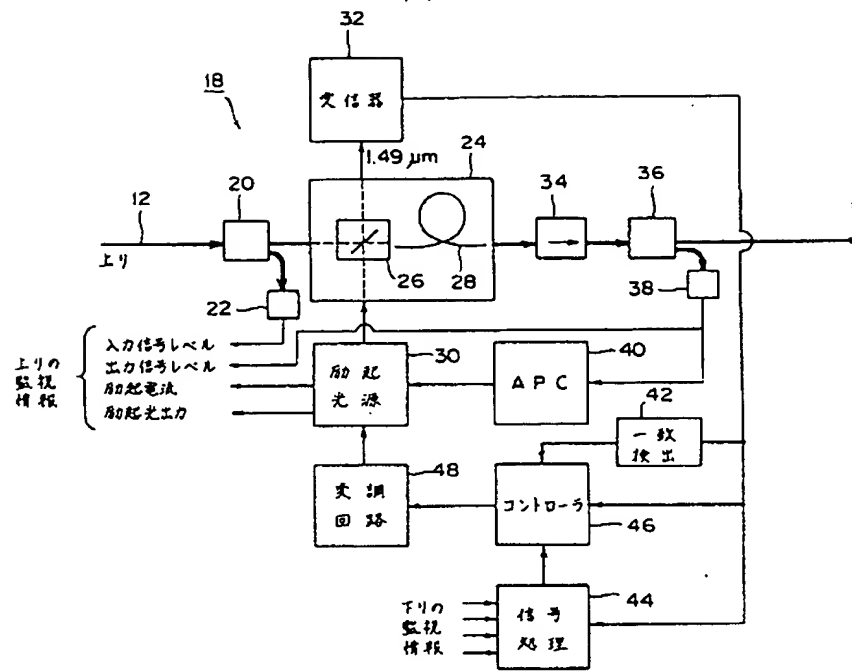
第 4 図



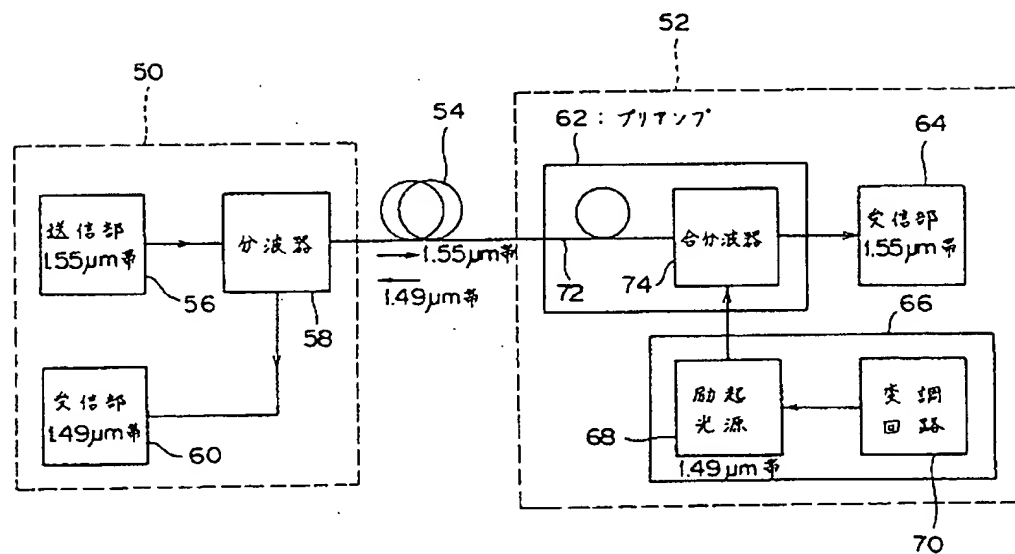
12, 14 : 光伝送路
16 : 光中継装置

実施例における光中継装置の説明図

第 5 図



実施例における上り中継器のブロック図
第 6 図



実施例における双方向伝送システムのブロック図

第 7 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.